

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-312043

(43)Date of publication of application : 09.11.2001

(51)Int.CI. G03F 1/08

(21)Application number : 2000-127548 (71)Applicant : DAINIPPON PRINTING CO LTD

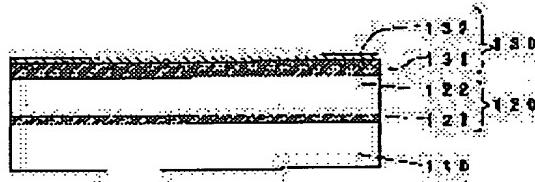
(22)Date of filing : 27.04.2000 (72)Inventor : YUSA SATOSHI  
YOKOYAMA HISAFUMI  
TSUNODA SHIGEO  
MOTONAGA TOSHIAKI  
KONASE YOSHIAKI  
NAKAGAWA HIROO  
HATSUDA CHIAKI  
FUJIKAWA JUNJI  
OTSUKI MASASHI

## (54) HALFTONE PHASE SHIFT PHOTOMASK AND BLANKS FOR THE SAME

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a halftone phase shift photomask having a structure which enables dry etching without complexing steps and the structure of an etching apparatus and to provide blanks for the halftone phase shift photomask.

**SOLUTION:** The blanks for forming the halftone phase shift photomask are obtained by stacking a halftone phase shift layer and a substantially shading film on a transparent board. The substantially shading film comprises a monolayer or multilayer film including one tantalum-base layer. The halftone phase shift layer comprises a monolayer or multilayer film including one metal silicide-base layer containing one or more elements selected from oxygen, nitrogen and fluorine.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C) 1998,2003 Japan Patent Office

(10)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2001-312043  
(P2001-312043A)

(13)公開日 平成13年11月9日(2001.11.9)

(51)Int.CI' G 03 F 1/08

識別記号

F I  
G 03 F 1/08マーク(参考)  
A 2 H 0 9 8  
G

審査請求 未請求 請求項の数12 OL (全14頁)

(21)出願番号

特願2000-127548(P2000-127548)

(22)出願日

平成12年4月27日(2000.4.27)

(71)出願人 000002897

大日本印刷株式会社

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

(72)発明者 道佐 智

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(73)発明者 横山 寿文

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(74)代理人 100111659

弁理士 金山 駿

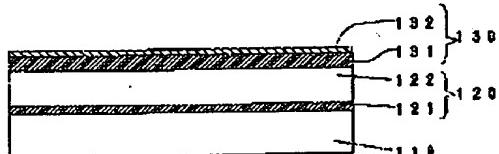
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 ハーフトーン位相シフトフォトマスク及びハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス

## (57)【要約】

【課題】 工程を複雑にせず、エッティング装置の構成も複雑にせず、ドライエッティング加工ができる構成のハーフトーン位相シフトフォトマスクを提供しようとするものである。同時に、そのような加工を可能とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスを提供する。

【解決手段】 透明基板上にハーフトーン位相シフト層と実質的な遮光膜とが積層されているハーフトーン位相シフトフォトマスク形成用のブランクスであって、前記実質的な遮光膜が、タンタルを主成分とする1層を含む、単層または多層膜からなる。そして、上記において、ハーフトーン位相シフト層が金属シリサイドを主成分とし、酸素、窒素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1層を含む、単層または多層膜からなる。



(2)

特開2001-312043

2

1

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 透明基板上にハーフトーン位相シフト層と実質的な遮光膜とが積層されているハーフトーン位相シフトフォトマスク形成用のブランクスであって、前記実質的な遮光膜が、タンタルを主成分とする1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項2】 請求項1において、ハーフトーン位相シフト層が金層シリサイドを主成分とし、酸素、窒素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項3】 請求項2における、金属シリサイドがタメ

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} x(k, k+1) + \sum_{k=2}^{m-1} 2x(u(k)-1)d(k)/2$$

ここで、 $\phi$ は前記透明基板上に( $m-2$ )層のハーフトーン位相シフト層が構成されているフォトマスクを垂直に透過する光が受ける位相変化であり、 $x(k, k+1)$ は $k$ 番目の層と $(k+1)$ 番目の層との界面でおきる位相変化、 $u(k)$ 、 $d(k)$ はそれぞれ $k$ 番目の層を構成する材料の屈折率と膜厚、 $\lambda$ は露光光の波長である。ただし、 $k=1$ の層は前記透明基板、 $k=m$ の層は空気とする。

【請求項6】 請求項1ないし5において、ハーフトーン位相シフト層の露光光に対する透過率が、その露光光に対する前記透明基板の透過率を100%としたときに、1%～50%の範囲となるような膜厚で前記透明基板上に形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項7】 透明基板上にハーフトーン位相シフト層と実質的な遮光膜とが積層されているハーフトーン位相シフトフォトマスクにおいて、この実質的な遮光膜がタンタルを主成分とする1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク※

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} x(k, k+1) + \sum_{k=2}^{m-1} 2x(u(k)-1)d(k)/2$$

ここで、 $\phi$ は前記透明基板上に( $m-2$ )層のハーフトーン位相シフト層が構成されているフォトマスクを垂直に透過する光が受ける位相変化であり、 $x(k, k+1)$ は $k$ 番目の層と $(k+1)$ 番目の層との界面でおきる位相変化、 $u(k)$ 、 $d(k)$ はそれぞれ $k$ 番目の層を構成する材料の屈折率と膜厚、 $\lambda$ は露光光の波長である。ただし、 $k=1$ の層は前記透明基板、 $k=m$ の層は空気とする。

【請求項12】 請求項7ないし11項において、ハーフトーン位相シフト層の露光光に対する透過率が、その露光光に対する前記透明基板の透過率を100%としたときに、1%～50%の範囲となるような膜厚で前記透明基板上に形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

\* タンタルシリサイドであること特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項4】 請求項1において、ハーフトーン位相シフト層がクロムを主成分とし、酸素、窒素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【請求項5】 請求項1ないし4において、ハーフトーン位相シフト層が、透明基板上に、以下の式により求まる位相差 $\phi$ が、 $n\pi \pm \pi/3$ ラジアン ( $n$ は奇数) の範囲となるように形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクス。

【数式1】

※マスク。

【請求項8】 請求項7において、ハーフトーン位相シフト層が金層シリサイドを主成分とし、酸素、窒素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項9】 請求項8における金属シリサイドがタンタルシリサイドであること特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【請求項10】 請求項7において、ハーフトーン位相シフト層がクロムを主成分とし、酸素、窒素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

30 【請求項11】 請求項7ないし10において、ハーフトーン位相シフト層が、 $n\pi \pm \pi/3$ ラジアン ( $n$ は奇数) の範囲となるように形成されていることを特徴とするハーフトーン位相シフトフォトマスク。

【数式2】

$$2x(u(k)-1)d(k)/2$$

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、LSI、超LSI等の高密度集積回路等の製造に用いられるフォトマスク及びそのフォトマスクを製造するためのフォトマスクブランクに關し、特に、微細寸法の投影像が得られるハーフトーン位相シフトフォトマスクと、この位相シフトフォトマスクを製造するためのハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスに關する。

【0002】

【従来の技術】 IC、LSI、超LSI等の半導体集積回路は、フォトマスクを使用したリソグラフィー工程を繰り返すことによって製造されるが、特に微細寸法の形成には、例えば、特開昭58-173744号公報、特

(3)

特開2001-312943

3

公昭62-59296号公報等に示されているような位相シフトフォトマスクの使用が検討されている。位相シフトフォトマスクには様々な構成のもののが提案されているが、その中でも、例えば特開平4-136854号公報、米国特許第4,890,309号等に示されるような、ハーフトーン位相シフトフォトマスクが早期実用化の観点から注目を集めている。そして、特開平5-2259号公報、特開平5-127361号公報等に記載のように、製造工程数の減少による歩留りの向上、コストの低減等が可能な構成、材料について、いくつか提案がされている。

【0003】ここで、ハーフトーン位相シフト法およびハーフトーン位相シフトフォトマスクを図に基づいて簡単に説明する。図8はハーフトーン位相シフト法の原理を示す図、図9は従来法を示す図である。図8(a)及び図9(a)はフォトマスクの断面図、図8(b)及び図9(b)はフォトマスク上の光の振幅、図8(c)及び図9(c)はウエーハー上の光の振幅、図8(d)及び図9(d)はウエーハー上の光強度をそれぞれ示し、911及び921は基板、922は100%遮光膜、912は入射光の位相を実質的に180度ずらし、かつ、透過率が1%~50%の範囲であるハーフトーン位相シフト膜、913及び923は入射光である。従来法においては、図9(a)に示すように、石英ガラス等からなる基板921上にクロム等からなる100%遮光膜92\*

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} x(k, k+1) + \sum_{k=2}^{m-1} 2x(u(k)-1)d(k)/2$$

ここで、 $\phi$ は前記透明基板上に( $m-2$ )層のハーフトーン位相シフト層が構成されているフォトマスクを垂直に通過する光が受ける位相変化であり、 $x(k, k+1)$ は $k$ 番目の層と $(k+1)$ 番目の層との界面でおきる位相変化、 $u(k)$ 、 $d(k)$ はそれぞれ $k$ 番目の層を構成する材料の屈折率と膜厚、 $\lambda$ は露光光の波長である。ただし、 $k=1$ の層は前記透明基板、 $k=m$ の層は空気とする。

【0006】一方、ハーフトーン位相シフト効果を得られるための、ハーフトーン位相シフト膜912の露光光透過率は、転写パターンの寸法、面積、配置、形状等によって決定され、パターンによって異なる。実質的に、上述の効果を得るために、ハーフトーン位相シフト膜912の露光光透過率を、パターンによって決まる最適透過率を中心として、最適透過率± $n\pi/3$ の範囲内に含まれるようにしなければならない。通常、この最適透過率は、開口部を100%としたときに、転写パターンによって1%~50%という広い範囲内で大きく変動する。すなわち、あらゆるパターンに対応するためには、様々な透過率を有するハーフトーン位相シフトフォトマスクが要求される。実際には、位相反転機能と透過率調整機能とは、ハーフトーン位相シフト膜を構成する材料(多層の場合には、各層を構成する各材料)の複素屈折率(図

\*2を形成し、所望のパターンの光透過部を形成してあるだけであり、ウエーハー上の光強度分布は図9(d)に示すように幅広がりとなり、解像度が劣ってしまう。

一方、ハーフトーン位相シフトシフト法では、ハーフトーン位相シフト膜912を透過した光とその開口部を透過した光とでは位相が実質的に反転するので、図8(d)に示すように、ウエーハー上でパターン境界部での光強度が0になり、その幅広がりを抑えることができる。したがって、解像度を向上させることができる。

【0004】ハーフトーン位相シフトフォトマスクのハーフトーンの位相シフト膜912には、位相反転と透過率調整という2つの機能が要求される。このうち、位相反転機能については、ハーフトーン位相シフト膜912を透過する露光光と、その開口部を透過する露光光との間で、位相が実質的に反転するようになっていればよい。ここで、ハーフトーン位相シフト膜(ハーフトーン位相シフト層とも言う)912を、たとえばM. Born, E. Wolf著「Principles of Optics」628~632頁に示される吸収膜として扱うと、多重干渉を観察できるので、垂直透過光の位相変化 $\phi$ は、以下の式で計算され、 $\phi$ が $n\pi/3$ (nは奇数)の範囲に含まれるととき、上述の位相シフト効果が得られる。

【0005】

【数式3】

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} x(k, k+1) + \sum_{k=2}^{m-1} 2x(u(k)-1)d(k)/2$$

屈率と消衰係数)と膜厚によって決定される。つまり、ハーフトーン位相シフト膜の膜厚を調整し、前記式により求まる位相差 $\phi$ が $n\pi/3$ (nは奇数)の範囲に含まれるような材料が、ハーフトーン位相シフトフォトマスクのハーフトーン位相シフト層として使える。

【0007】ところで、ハーフトーン位相シフトリソグラフィーにおいては、ステッパーやスキャナーによる逐次転写露光の際に、ウエーハー上の隣接するショット(1回の露光で転写される範囲)同志が重なる領域が生じるが、従来型のクロムマスクと異なり、隣接パターン部も半透明であるので、繰り返し多重露光されることより感光してしまう。さらに、ハーフトーン位相シフトリソグラフィーにおいては、ウエーハー転写時に、転写する露光パターンの近傍に、光強度のサブピークを生じ、これが本来発生させない露光パターンを変形してしまう、という問題があった。この問題は、特に大きな抜けパターンの近傍で顕著であり、位相シフトリソグラフィーの手法を用いて十分解像できる大きな抜けパターンにおいては、むしろ従来型のクロムマスクよりも転写特性が劣ってしまう。

【0008】これらの問題への対策としては、ウエーハーの転写に、パターンニングされたハーフトーン位相シフト膜および遮光性膜(遮光膜あるいは高コントラストが

(4)

特開2001-312043

5

得られる膜で、以降、遮光性膜または実質的な遮光膜とも言う）を順次積層したハーフトーン位相シフトマスクを用いる、ハーフトーン位相シフトリソグラフィー法が一般的に採られている。このような遮光性膜を有するハーフトーン位相シフトマスクは、透明基板上にハーフトーン位相シフト膜と遮光性膜とが順に積層されたブランクスを用い、ハーフトーン位相シフト膜のパターニング加工とは別に、遮光性膜を加工して作成される。以下に、遮光性膜を有するハーフトーン位相シフトマスクの、従来の一般的な製造方法を簡単に説明しておく。まず、透明基板上にハーフトーン位相シフト膜と遮光性膜とか順に積層されたブランクス上に常用のリソグラフィー法により所望の第1のレジストパターンを形成した後、遮光性膜とハーフトーン位相シフト膜とを続けてエッティングする第1段階のエッティング工程により、ハーフトーン位相シフトパターンと遮光性膜のパターンの両方を、前記第1のレジストパターンを耐エッティングマスクとしてエッティングする。次いで、第1のレジストパターンを除去、洗浄した後、再度、常用のリソグラフィー法により第2のレジストパターンを形成し、第2のレジストパターンを耐エッティングマスクとして遮光性膜のみをエッティングしてパターニングする第2段階のエッティング工程を行い、遮光性膜のパターンを形成する。第1段階のエッティング工程では、マスク上に形成される全てのパターンが形成され、第2段階のエッティング工程では、ハーフトーン位相シフト効果が要求される領域だけ遮光性膜が除去されるようにパターンが形成される。

【0009】ところで、ハーフトーン位相シフト膜用の薄膜材料としては、その成膜特性、パターン加工特性、パターン加工後の化学的安定性、耐久性等が優れていることから、例えば特開平7-134396、特開平7-281414に挙げられるように、タンタルの酸化または窒化膜、特開平6-83027に示されされるようなタンタルシリサイド系の材料膜や特開平6-332152、特開平7-140635、特開平7-168343に示されるようなモリブデンシリサイド系の材料膜などの金属シリサイド系材料膜、特開平7-5876、特開平6-308713、特開平7-28224、特開平7-110572号に示されるようなクロム系の材料膜など、様々な材料が提案され、既に実用化されている。一方、遮光性膜（遮光膜、あるいは、高コントラストが得られる膜材料）としては、その成膜特性、加工性、膜の安定性などから、クロム系の膜が用いられている。

【0010】ところでまた、ハーフトーン位相シフト膜の加工には、通常、ドライエッティング法が用いられるが、大きく分けて、塩素系のドライエッティングとフッ素系のドライエッティングとを使い分ける必要があり、何れを使用するかは上述の材料系によって決まる。ハーフトーン位相シフト膜がクロム系材料の場合は、塩素系のドライエッティングを使用するのに対し、タンタルシリサイ

10

20

30

40

50

6

D系、モリブデンシリサイド系などの金属シリサイド系膜、及び、タンタル系の膜の場合は一部塩素系のドライエッティングを用いる場合もあるが、一般的にはフッ素系のドライエッティングを行うことが多い。これに対し、遮光性膜（遮光膜、あるいは、高コントラストが得られる膜）として使用されるクロム系の材料は塩素系でなければドライエッティングができず、ハーフトーン位相シフト膜とするシリサイドをフッ素系でドライエッティングする際、1つのエッティング室で処理を行なう場合、上述の、遮光性膜を有するハーフトーン位相シフトマスクの、従来の一般的な製造方法においては、第1段階のエッティング工程の途中でガスを入れ替える必要があり、工程が複雑になり、エッティング装置の構成も複雑になり、手間がかかるという問題があった。エッティング室を2つ用意し、一方のエッティング室で遮光性膜をドライエッティングした後、もう一方のエッティング室へ処理基板を移動してシリサイドのドライエッティングを行なうように、第1段階のエッティング工程を工夫することもできるが、即ち、第1段階のエッティング工程を途中で中断し基板を移動するなどの工夫を探ることもできるが、装置構成が複雑となり、装置コストが高価となる。

## 【0011】

【発明が解決しようとする課題】このように、ハーフトーン位相シフトマスクにおいては、ハーフトーン位相シフト膜の材料系に依らず、遮光性膜（遮光膜、あるいは、高コントラストが得られる膜）とハーフトーン位相シフト膜とを同じ系統のドライエッティングが行えることが求められていた。本発明は、これに対応するもので、工程を複雑にせず、エッティング装置の構成も複雑にせず、ドライエッティング加工ができる構成のハーフトーン位相シフトフォトマスクを提供しようとするものである。同時に、そのような加工を可能とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスを提供しようとするものである。

## 【0012】

【課題を解決するための手段】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスは、透明基板上にハーフトーン位相シフト層と実質的な遮光膜とが積層されているハーフトーン位相シフトフォトマスク形成用のブランクスであって、前記実質的な遮光膜が、タンタルを主成分とする1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするものである。そして、上記において、ハーフトーン位相シフト層が金属シリサイドを主成分とし、酸素、窒素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするものであり、前記金属シリサイドがタンタルシリサイドであることを特徴とするものである。あるいは、上記において、ハーフトーン位相シフト層がクロムを主成分とし、酸素、窒素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1層を含む、単層または多層膜

(5)

特開2001-312043

7

からなることを特徴とするものである。そしてまた、上記において、ハーフトーン位相シフト層が、透明基板上に、以下の式により求まる位相差 $\phi$ が、 $n\pi \pm \pi/3$ ラジアン

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} x(k, k+1) + \sum_{k=2}^{n-1} 2x(u(k)-1)d(k)/2$$

ここで、 $x$ は前記透明基板上に( $m-2$ )層のハーフトーンの位相シフト層が構成されているフォトマスクを垂直に透過する光が受ける位相変化であり、 $x(k, k+1)$ は $k$ 番目の層と $(k+1)$ 番目の層との界面でおきる位相変化、 $u(k)$ 、 $d(k)$ はそれぞれ $k$ 番目の層を構成する材料の屈折率と膜厚、 $\lambda$ は露光光の波長である。ただし、 $k=1$ の層は前記透明基板、 $k=m$ の層は空気とする。また、上記において、ハーフトーン位相シフト層の露光光に対する透過率が、その露光光に対する前記透明基板の透過率を100%としたときに、1%~50%の範囲となるような膜厚で前記透明基板上に形成されていることを特徴とするものである。

【0013】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用は、透明基板上にハーフトーン位相シフト層と実質的な遮光膜とが積層されているハーフトーン位相シフトフォトマスクにおいて、この実質的な遮光膜がタンタ※

$$\phi = \sum_{k=1}^{m-1} x(k, k+1) + \sum_{k=2}^{n-1} 2x(u(k)-1)d(k)/2$$

ここで、 $x$ は前記透明基板上に( $m-2$ )層のハーフトーン位相シフト層が構成されているフォトマスクを垂直に透過する光が受ける位相変化であり、 $x(k, k+1)$ は $k$ 番目の層と $(k+1)$ 番目の層との界面でおきる位相変化、 $u(k)$ 、 $d(k)$ はそれぞれ $k$ 番目の層を構成する材料の屈折率と膜厚、 $\lambda$ は露光光の波長である。ただし、 $k=1$ の層は前記透明基板、 $k=m$ の層は空気とする。また、上記において、ハーフトーン位相シフト層の露光光に対する透過率が、その露光光に対する前記透明基板の透過率を100%としたときに、1%~50%の範囲となるような膜厚で前記透明基板上に形成されていることを特徴とするものである。

【0014】

【作用】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用プランクスは、このような構成にすることにより、工程を複雑にせず、エッティング装置の構成も複雑にせず、ドライエッティング加工によりハーフトーン位相シフトフォトマスクを作製できる。ハーフトーン位相シフトフォトマスク用プランクスの提供を可能とするものである。具体的には、透明基板上にハーフトーン位相シフト層と実質的な遮光膜とが積層されているハーフトーン位相シフトフォトマスク形成用のプランクスであって、前記実質的な遮光膜が、タンタルを主成分とする1層を含む、単層または多層膜からなることにより、さらに具体的には、ハーフトーン位相シフト層が金属シリサイドを主成分とし、酸素、窒素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1層を含む、単層または多層膜からなる

\*ジアン( $n$ は奇数)の範囲となるように形成されていることを特徴とするものである。

【教式4】

$$2x(u(k)-1)d(k)/2$$

※ルを主成分とする1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするものである。そして、上記において、ハーフトーン位相シフト層が金属シリサイドを主成分とし、酸素、窒素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするものであり、前記金属シリサイドがタンタルシリサイドであることを特徴とするものである。あるいは、上記において、ハーフトーン位相シフト層がクロムを主成分とし、酸素、窒素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1層を含む、単層または多層膜からなることを特徴とするものである。そしてまた、上記において、ハーフトーン位相シフト層が、 $n\pi \pm \pi/3$ ラジアン( $n$ は奇数)の範囲となるように形成されていることを特徴とするものである。

【教式5】

$$2x(u(k)-1)d(k)/2$$

ことにより、これを達成している。例えば、実質的な遮光膜として、タンタルを主成分とする1層とその上(表面側)に酸化クロム層を反射防止層として設け、且つ、ハーフトーン位相シフト膜としてクロム系の材料を設けた場合、塩素系のドライエッティングにより、実質的な遮光膜、ハーフトーン位相シフト膜の両方をエッティング加工ができる。あるいは、例えば、実質的な遮光膜として、タンタルを主成分とする層、1層ないし多層を設け、且つ、ハーフトーン位相シフト膜としてタンタルシリサイド系、モリブデンシリサイド系などの金属シリサイド系膜、及び、タンタル系の膜を1層ないし多層として設けた場合、フッ素系のドライエッティングにより、実質的な遮光膜、ハーフトーン位相シフト膜の両方をエッティング加工ができる。タンタル、タンタルを主成分とする酸化タンタル、塗化タンタル、酸化塗化タンタルなどを遮光膜に用いた場合、 $Cl_2$ 、 $CH_2Cl$ 、 $Cl_2$ などの塩素系のガスを用いたドライエッティングと、 $CF_3$ 、 $SF_6$ 、 $CHF_3$ などのフッ素系のガスを用いたドライエッティングの両方で、遮光膜のエッティング加工が可能である。尚、遮光膜として、基板側から、金属タンタル、タンタル酸化物の順に積層すると、タンタル酸化物膜の屈折率と膜厚を制御することにより露光光に対し低反射にすることが可能である。また、タンタル系の膜の屈折率については、膜の酸化度合により調整でき、また、膜を塗化したり、酸化塗化することによっても調整することが可能である。また、必要に応じて、酸素、窒素以外の原子を混入することでも調整が可能で

(5)

特開2001-312043

9

あり、実質的に、露光光の波長の入射に対し、低反射を実現することができる。このようなタンタル膜、または、その酸化膜、塩化膜などは、従来からフォトマスク用薄膜の成膜に使用されてきたスパッタリング法で容易に形成できる。例えば、ターゲットとして、金属タンタルを使用し、アルゴンガスのみでスパッタリングをした場合は金属タンタル膜が得られ、スパッタガスとして酸素、窒素を混合すれば、タンタルの酸化膜、窒化膜が得られる。上述の屈折率の調整は、ガスの混合比のほか、スパッタ圧力、スパッタ電流などによっても制御できる。また、このタンタル系膜は、スパッタリング法の他に、真空蒸着法、CVD法、イオンプレーティング法、イオンビームスパッタ法などの成膜技術を用いても成膜できる。

【0015】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクは、このような構成することにより、工程を複雑にせず、エッチング装置の構成も複雑にせず、ドライエッティング加工により作製できるハーフトーン位相シフトフォトマスクの提供を可能とするものである。

【0016】

【発明の実施の形態】本発明の実施の形態例を図に基づいて説明する。図1は本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスの実施の形態の第1の例の断面図で、図2は本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスの実施の形態の第2の例の断面図で、図3は本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクの実施の形態の第1の例の断面図で、図4は本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用の実施の形態の第2の例の断面図で、図5は図3に示す第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクの製造工程断面図で、図6は図4に示す第2の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクの製造工程断面図で、図7(a)は比較例のハーフトーン位相シフトフォトマスクの断面図で、図7(b)は比較例のハーフトーン位相シフトフォトマスクブランクスの断面図である。図1中、110は透明基板、120はハーフトーン位相シフト層、121はタンタル層、122は金属シリサイド酸化膜(タンタルシリサイド酸化膜)、125はハーフトーンバタン領域(シフト層バタン領域)、130は遮光性層(実質的な遮光膜とも言う)、131はタンタル層、132は酸化タンタル(反射防止層でTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とも記す)、135は遮光\*

$$\phi = \sum_{k=1}^3 x(k, k+1) + \sum_{k=2}^3 2\pi(u(k)-1)d(k)/2$$

ここで、φは透明基板110上に2層のハーフトーン位相シフト層120が構成されているフォトマスクを垂直に透過する光が受けける位相変化であり、x(k, k+1)はk番目の層と(k+1)番目の層との界面における位相変化、u(k)、d(k)はそれぞれk番目の層を構成する材料(タンタル層121、金属シリサイド酸化膜122)の屈折率と膜厚、λは露光光の波長であ

(6)

10

\*性層バタン領域、160、165はレジスト層、210は透明基板、220は酸化クロム層(ハーフトーン位相シフト層)、225はハーフトーンバタン領域(シフト層バタン領域)、230は遮光性層(実質的な遮光膜とも言う)、231はタンタル層、232は酸化タンタル層(反射防止層でTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>とも記す)、235は遮光性バタン領域、260、265はレジスト層である。

【0017】はじめに、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスの実施の形態の第1の例を、図1に基づいて説明する。本例は、透明基板110上にハーフトーン位相シフト層120と遮光性層(実質的な遮光膜)130とが順に積層されている、ハーフトーン位相シフトフォトマスク形成用のブランクスで、遮光性層130が、透明基板110側から順に、タンタル層131、酸化タンタル層132を積層した2層膜からなり、ハーフトーン位相シフト層120が、透明基板110側から順に、タンタル層121と金属シリサイド酸化膜122を積層した2層膜からなる。本例においては、遮光性層130と、ハーフトーン位相シフト層120の、いずれもが、フッ素系のガスでドライエッティングが行なえる材質で構成されており、先に述べた、遮光性膜を有するハーフトーン位相シフトマスクの、従来的一般的な製造方法における、第1段階のエッチングを中断せずに連続して行なうことができる。また、ハーフトーン位相シフト層120の金属シリサイド酸化膜122は、塩素系ガスでドライエッティングが困難で、遮光性層130を塩素系ガスでドライエッティングする際のエッチングストッパー層として利用できる。尚、金属シリサイド酸化膜122としては、タンタルシリサイド酸化膜、モリブデンシリサイド酸化膜等が挙げられるが、タンタルシリサイド膜の方が酸、アルカリなどに対する安定性が優れるため、フォトマスク洗浄の観点から選択である。

【0018】そして、ハーフトーン位相シフトフォトマスクを作製した際に、位相シフト効果が得られるよう、ハーフトーン位相シフト層120は、透明基板110上に、以下の式で、m=4とし、求まる位相差φが、nπ±π/3ラジアン(nは奇数)の範囲となるように形成されている。

40 【式6】

$$\phi = \sum_{k=1}^3 x(k, k+1) + \sum_{k=2}^3 2\pi(u(k)-1)d(k)/2$$

る。ただし、k=1の層は透明基板110、k=4の層は空気とする。

【0019】また、ハーフトーン位相シフトフォトマスクを作製した際に、実質的に、位相シフト効果が得られるために、ハーフトーン位相シフト層120の露光光に対する透過率が、その露光光に対する透明基板110の透過率を100%としたときに、1%~50%の範囲と

なるような膜厚で透明基板210上に形成されている。  
【0020】酸化タンタル層132、タンタル層13  
1、タンタルシリサイド酸化膜122、タンタル層12  
1は、いずれも、従来からフォトマスク用薄膜の成膜に  
使用されてきたスパッタリング法で容易に形成できる。  
ターゲットとして、金属タンタルを使用し、アルゴンガス  
のみでスパッタリングをした場合は金属タンタル膜が  
得られ、スパッタガスとして酸素、窒素を混合すれば、  
タンタルの酸化膜、窒化膜が得られる。また、このタン  
タル系膜は、スパッタリング法の他に、真空蒸着法、C  
VD法、イオンプレーティング法、イオンビームスパッ  
タ法などの成膜技術を用いても成膜できる。タンタルシリ  
サイド酸化膜、モリブデンシリサイド酸化膜等の金属  
シリサイド酸化膜についても、同様に、ターゲットとし  
て、金属シリサイド酸化膜を使用し、アルゴンガスのみ  
でスパッタリングをした場合は金属シリサイド膜が得ら  
れ、スパッタガスとして酸素、窒素を混合すれば、金属  
シリサイド酸化膜、金属シリサイド窒化膜が得られる。  
金属シリサイド酸化膜122の屈折率の調整は、ガスの  
混合比のほか、スパッタ圧力、スパッタ電流などによっ  
ても制御できる。

**【0021】**次いで、本発明のハーフトーン位相シフト  
フォトマスク用ブランクスの実施の形態の第2の例を、  
図2に基づいて説明する。本例は、透明基板210上に\*

$$\phi = \sum_{k=1}^2 x(k, k+1) + 2\pi(u(2)-1)d(2)/\lambda$$

ここで、 $\phi$ は透明基板210上に1層のハーフトーン位  
相シフト層220が構成されているフォトマスクを垂直  
に透過する光が受ける位相変化であり、 $x(k, k+1)$   
はk番目の層と(k+1)番目の層との界面でおき  
る位相変化、 $u(2)$ 、 $d(2)$ はそれぞれ2番目の層  
(酸化クロム層220)を構成する材料の屈折率と膜  
厚、 $\lambda$ は露光光の波長である。ただし、 $k=1$ の層は透  
明基板210、 $k=3$ の層は空気とする。

**【0023】**また、ハーフトーン位相シフトフォトマス  
クを作製した際に、実質的に、位相シフト効果が得られ  
るために、ハーフトーン位相シフト層220の露光光に  
対する透過率が、その露光光に対する透明基板210の  
透過率を100%としたときに、1%~50%の範囲と  
なるような膜厚で透明基板210上に形成されている。

**【0024】**酸化クロム層220についても、従来から  
フォトマスク用薄膜の成膜に使用されてきたスパッタリ  
ング法で容易に形成できる。ターゲットとして、金属ク  
ロムを使用し、アルゴンガスのみでスパッタリングを  
した場合は金属クロム膜が得られ、スパッタガスとして  
酸素、窒素を混合すれば、酸化クロム膜、窒化クロム膜が  
得られる。酸化クロム層220の屈折率の調整は、ガス  
の混合比のほか、スパッタ圧力、スパッタ電流などによ  
っても制御できる。また、このクロム系膜は、スパッタ  
リング法の他に、真空蒸着法、CVD法、イオンプレー

\* ハーフトーン位相シフト層220と遮光性層230とが  
順に積層されている、ハーフトーン位相シフトフォトマ  
スク形成用のブランクスで、遮光性層230が、透明基  
板210側から順に、タンタル層231と酸化タンタル  
層232を積層した2層膜からなり、ハーフトーン位相  
シフト層220が、酸化クロム層1層からなる。本例に  
おいては、遮光性層230と、ハーフトーン位相シフト  
層220の、いずれもが、塩素系のガスでドライエッチ  
ングが行なえる材質で構成されており、第1の例の場合  
と同様、先に述べた、遮光性膜を有するハーフトーン位  
相シフトマスクの、従来の一般的な製造方法における、  
第1段階のエッチングを中断せずに連続して行なうこと  
ができる。また、ハーフトーン位相シフト層である酸化  
クロム層220は、フッ素系ガスでドライエッチングが  
困難で、遮光性層230をフッ素系ガスでドライエッチ  
ングする際、エッチングされない。

**【0022】**そして、ハーフトーン位相シフトフォトマ  
スクを作製した際に、位相シフト効果が得られるよう  
に、ハーフトーン位相シフト層120は、透明基板11  
20上に、以下の式で、 $m=3$ とし、求まる位相差 $\phi$ が、  
 $n\pi/3$ ラジアン ( $n$ は奇数) の範囲となるように  
形成されている。

【数式7】

ティング法、イオンビームスパッタ法などの成膜技術を  
用いても成膜できる。尚、タンタル層231については  
は、第1の例のタンタル層131、121と同様にして  
形成できる。

**【0025】**(変形例) 第1の例のハーフトーン位相シ  
フトフォトマスクブランクスの変形例としては、遮光性  
層130として、フッ素系のガス、塩素系ガスの両方で  
ドライエッチングが行なえる他の材質の、単層ないし多  
層で構成したものが挙げられる。例えば、第1の例でタ  
ンタル層131、酸化タンタル132からなる遮光性層  
130に代え、タンタル単層にしたもの、あるいは、第  
1の例でタンタル層131に代え、酸化窒化タンタル層  
や、モリブデン(Mo)層にしたものである。また、第  
40 1の例や上記変形例において、ハーフトーン位相シフト  
層の構成を、金属シリサイドを主成分とし、酸素、窒  
素、フッ素の中から少なくとも一つ以上の元素を含む1  
層を最上層として、フッ素系のガスでドライエッチング  
が行なえる他の材質の層を下層(透明基板210側)  
として積層した構成のものが挙げられる。例えば、第1の  
例や上記変形例における、ハーフトーン位相シフト層1  
20のタンタル層121に代え、モリブデン層としたもの  
の挙げられる。また、第1の例の、タンタルやモリブデ  
ンのシリサイド酸化膜122に代え、別の組成の、タ  
ンタルやモリブデンのシリサイド酸化窒化膜、シリサイ

ド窒化膜としたものが挙げられる。尚、上記、酸化窒化タンタル層や、モリブデン(Mo)層、金属シリサイド酸化窒化膜、シリサイド窒化膜についても、スパッタリング法により、スパッタガスとしてArのみを用い、あるいはスパッタガスとしてArに所定量の酸素、窒素を混合させて、形成することができる。

【0026】第2の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクプランクスの変形例としては、遮光性層230として、フッ素系のガス、塩素系ガスの両方でドライエッチングが行なえる他の材質で構成したものが挙げられる。例えば、第2の例でタンタル層131に代え、酸化窒化タンタル層や、モリブデン(Mo)層にしたものである。また、第2の例や上記変形例において、ハーフトーン位相シフト層として、他の塩素系のガスでドライエッチングが行なえ、且つフッ素系のガスでドライエッチングが困難なる材質で構成したものが挙げられる。例えば、第2の例の、酸化クロム層220に代え、別の組成の、酸化窒化クロム膜、窒化クロム膜としたものが挙げられる。

【0027】次に、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクの実施の形態の第1の例を、図3に基づいて説明する。本例は、図1に示す第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクプランクスを用いて作製したもので、位相シフト効果を得るハーフトーンバタン領域(シフト層バタン領域)125と、実質的な遮光効果を得る遮光性バタン領域135を設けたものである。各層の材質や光学特性については、図1に示す第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクプランクスの説明に代え、ここでは説明を省く。

【0028】次いで、第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクの製造方法の1例を図5に基づいて説明する。先ず、図1に示す第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクプランクスを用意し(図5(a))、遮光性膜130上に、作成するハーフトーン位相シフト層120のバタン形状に合せ、レジスト層160を形成する。(図5(b))

レジスト層160を形成するレジストとしては、処理性が良く、所定の解像性を有し、耐ドライエッチング性の良いものが好ましいが、限定はされない。次いで、レジスト層160を耐エッチングマスクとして、フッ素系のガスを用いて、遮光性層130、ハーフトーン位相シフト層120を続けてエッチングする。これにより、遮光性膜130付きのハーフトーン位相シフト層バタンを得る。(図5(c))

尚、必要に応じて、フッ素系のガスの組成を変える。次いで、レジスト層160を常法により剥離した後、作成する遮光性膜130の形状に合せた、開口を有するレジスト層165を遮光性層130上に形成し(図5(d))、これを耐エッチングマスクとして、塩素系のガスを用いて遮光性層130をエッチングする。金属シ

リサイド酸化層122がエッチングストッパー層として働く。そして、レジスト層165を常法により剥離し、第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクを形成する。(図5(e))

レジスト層165を形成するレジストとしては、処理性が良く、所定の解像性を有し、耐ドライエッチング性の良いものが好ましいが、限定はされない。

【0029】また、本例のハーフトーン位相シフトフォトマスクの変形例としては、先に述べた図1に示す第1の例のプランクスの各変形例のプランクスを用いた位相シフトフォトマスクが挙げられる。これらは、図5に示す製造工程により作製できる。

【0030】次に、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクの実施の形態の第2の例を、図4に基づいて説明する。本例は、図2に示す第2の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクプランクスを用いて作製したもので、第1の例のプランクスと同様、位相シフト効果を得るハーフトーンバタン領域(シフト層バタン領域)225と、実質的な遮光効果を得る遮光性バタン領域235を設けたものである。各層の材質や光学特性については、図2に示す第2の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクプランクスの説明に代え、ここでは説明を省く。また、本例の変形例としては、先に述べた図2に示す第2の例のプランクスの変形例のプランクスを用いた位相シフトフォトマスクが挙げられる。

【0031】次いで、第2の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクの製造方法の1例を図6に基づいて説明する。先ず、図2に示す第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクプランクスを用意し(図6(a))、遮光性膜230上に、作成するハーフトーン位相シフト層220のバタン形状に合せ、レジスト層260を形成する。(図6(b))

レジスト層260を形成するレジストとしては、処理性が良く、所定の解像性を有し、耐ドライエッチング性の良いものが好ましいが、限定はされない。次いで、レジスト層260を耐エッチングマスクとして、塩素系のガスを用いて、遮光性層230、ハーフトーン位相シフト層220を続けてエッチングする。これにより、遮光性膜230付きのハーフトーン位相シフト層バタンを得る。(図6(c))

尚、必要に応じて、塩素系のガスの組成を変える。次いで、レジスト層260を常法により剥離した後、作成する遮光性膜230の形状に合せた、開口を有するレジスト層265を遮光性層230上に形成し(図6(d))、これを耐エッチングマスクとして、フッ素系のガスを用いて遮光性層230をエッチングする。酸化クロム層220がエッチングストッパー層として働く。そして、レジスト層265を常法により剥離し、第2の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクを形成する。(図6(e))

レジスト層265を形成するレジストとしては、処理性が良く、所定の解像性を有し、耐ドライエッティング性の良いものが好ましいが、限定はされない。

【0032】また、本例のハーフトーン位相シフトフォトマスクの変形例としては、先に述べた図2に示す第2の例のプランクスの各変形例のプランクスを用いた位相シフトフォトマスクが挙げられる。これらは、図6に示す製造工程により作製できる。

#### 【0033】

【実施例】実施例は、図1に示す第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクプランクスを用い、図5に示す製造方法により、図3に示す第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクを形成した例である。以下、図1、図3、図5に基づいて説明する。作製したハーフトーン位相シフトフォトマスクは、ArF露光用のもので、6インチ角、0.25インチ厚の高純度合成石英基板を透明基板110とし、ハーフトーン位相シフト膜120は、タンタル層121とタンタルシリサイド酸化物122の2層より構成され、遮光層130はタンタル層131と酸化タンタル層132の2層からなるものである。はじめに、以下のようにして、図1に示す第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクプランクスを作製した。まず、光学研磨され、よく洗浄された透明基板110の一面に、以下に示す条件でハーフトーン位相シフト膜の第1層であるタンタル層121を膜厚は約10nmに形成した。

#### <タンタル層121形成条件>

成膜装置：ブレーナー型DCマグネットロンスバッター装置

ターゲット：金属タンタル

ガス及び流量：アルゴンガス、70sccm

スパッター圧力：1.0パスカル

スパッター電流：5.0アンペア

次に、続けてこの上にハーフトーン位相シフト膜の第2層であるタンタルシリサイド酸化膜122を、以下の条件で、膜厚約30nmに形成した。

#### <タンタルシリサイド酸化膜122形成条件>

成膜装置：ブレーナー型DCマグネットロンスバッター装置

ターゲット：タンタル：シリコン=1:4（原子比）

ガス及び流量：アルゴンガス50sccm+酸素ガス50sccm

スパッター圧力：1.0パスカル

スパッター電流：3.5アンペア

これにより、ArFエキシマレーザー露光用の透過率6%のハーフトーン位相シフト層120を透明基板110の一面に形成した。尚、同一条件で事前にテープなどでマスキングをした合成石英基板上に成膜し、成膜後にマスキングを剥離するリフトオフ法で段差を形成したサ

ンブルを作製し、これを用い、193nm光に対する位相差、透過率を市販の位相差測定装置（レーザーテック社製MPM193）で計測したところ、それぞれ177.55度、5.69%であった。

【0034】次に、上記ハーフトーン位相シフト層120上に、遮光性層130のタンタル層131を以下の条件で成膜した。

#### <タンタル層131形成条件>

成膜装置：ブレーナー型DCマグネットロンスバッター装置

ターゲット：金属タンタル

ガス及び流量：アルゴンガス70sccm

スパッター圧力：1.0パスカル

スパッター電流：5.0アンペア

ここで、金属タンタル膜の厚さは約50nmとした。次いで、遮光性層130のタンタル層131上に、酸化タンタル層132を以下の条件で成膜した。

#### <酸化タンタル層132形成条件>

成膜装置：ブレーナー型DCマグネットロンスバッター装置

ターゲット：金属タンタル

ガス及び流量：アルゴンガス50sccm+酸素ガス50sccm

スパッター圧力：1.0パスカル

スパッター電流：5.0アンペア

ここで、酸化タンタル膜の厚さは約20nmとした。これにより、図1に示す第1に例の遮光性膜130付きの、ArFエキシマレーザー露光用のハーフトーン位相シフトフォトマスク用プランクを得た。この遮光性膜130付きのArFエキシマレーザー露光用のハーフトーン位相シフトフォトマスク用プランクの透過率を大塚電子製分光光度計MCPD3000で測定したところ、193nmの透過率は0.1%以下であった。

【0035】次に、上記のようにして得られた遮光性膜130付きのハーフトーン位相シフトマスク用プランクを用いて、図3に示すハーフトーン位相シフトマスクを以下のようにして作製した。先ず、得られたハーフトーン位相シフトマスク用プランクの遮光性層130上に、有機物を主成分とするレジストZEP7000（日本ゼオン社製）を用い、常法の電子線リソグラフィー法により、所望形状のレジスト層160を得た。（図5(b)）

次に、市販のフォトマスク用ドライエッチャ（PTI社製VLR7000）を用い、レジスト層160から露出されたハーフトーン位相シフト層120を、高密度プラズマに曝すことにより選択的にドライエッティングし、所望のハーフトーン位相シフト層120のパターンを得た。（図5(c)）

ここでは、遮光性層130とハーフトーン位相シフト層120とを、続けて一気にエッティングした。

## &lt;エッチング条件&gt;

・エッチングガス	C F <sub>4</sub> ガス
圧力	10 m Torr
ICPパワー(高密度プラズマ発生)	950W
バイアスパワー(引き出しパワー)	50W
時間	500秒

次いで、レジスト層160を剥離し、遮光性膜130付きのハーフトーン位相シフト層120のパターンを得た。

【0036】次に、この上に、再度、レジストIP3500(東京応化工業株式会社製)を塗布し、フォトリソグラフィー法により、ハーフトーン膜を露出させたい領域のみを開口したレジスト層165を得た後、以下の条件でドライエッチングを行い、レジスト層165から露出した領域の遮光性層130を選択的に除去した。(図5(d))

エッチングガス	C <sub>2</sub> ガス
圧力	5 m Torr
ICPパワー(高密度プラズマ発生)	500W
バイアスパワー(引き出しパワー)	150W

尚、このエッチング条件ではタンタルシリサイド酸化膜122はエッティングされないので、ハーフトーン位相シフト層120の位相差、透過率に影響を与えないよう、遮光性膜を除去することが可能である。タンタルシリサイド酸化膜122はエッティングストッパー層として働く。最後に、レジスト層165を剥離し、図3に示す遮光性膜130付きのハーフトーン位相シフトマスクを得た。このハーフトーン位相シフトフォトマスクは、除去された部分の寸法精度、断面形状、膜厚分布、透過率分布、膜の基板への密着性等全て実用に供することができるものであった。

【0037】尚、図7(b)に示す、透明基板の一面上に、順次、ハーフトーン位相シフト層としてタンタル層、タンタルシリサイド酸化膜、遮光性膜としてクロム層、酸化クロム層を設けた、ハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスを用い、図7(a)に示すArF露光用のハーフトーン位相シフトフォトマスクを形成する場合は、先に述べた、遮光性膜を有するハーフトーン位相シフトマスクの、従来の製造方法をとらざるえない。即ち、クロム遮光性膜は塩素系のドライエッティングで加工するのに対し、タンタルシリサイド膜はフッ素系のドライエッティングで加工するため、ここでは、第1の段階のドライエッティング工程を、塩素系のドライエッティングと、フッ素系のドライエッティングとの2回に分け、行なう必要がある。第1段階のドライエッティング工程を1つのエッチング室で処理を行なう場合、工程の途中でガスを入れ替える必要があり、工程が複雑になり、エッチング装置の構成も複雑になり、手間がかかる。また、エッチング室を2つ用意し、1方のエッチング室で

遮光性膜をドライエッティングした後、もう一方のエッチング室へ処理基板を移動してタンタルシリサイド酸化層のドライエッティングを行なえるように、装置を構成することもできるが、装置構成が複雑となり、装置コストが高価となる。

## 【0038】

【発明の効果】本発明は、上記のように、工程を複雑にせず、エッチング装置の構成も複雑にせず、ドライエッティング加工ができる構成のハーフトーン位相シフトフォトマスクの提供を可能とした。同時に、そのような加工を可能とするハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスの提供を可能とした。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスの実施の形態の第1の例の断面図

【図2】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用ブランクスの実施の形態の第2の例の断面図

【図3】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスクの実施の形態の第1の例の断面図

20 【図4】本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用の実施の形態の第2の例の断面図

【図5】図3に示す第1の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクの製造工程断面図

【図6】図4に示す第2の例のハーフトーン位相シフトフォトマスクの製造工程断面図

【図7】図7(a)は比較例のハーフトーン位相シフトフォトマスクの断面図で、図7(b)は比較例のハーフトーン位相シフトフォトマスクブランクスの断面図である。

30 【図8】ハーフトーン位相シフト法を説明するための図  
【図9】従来法のマスクを用いた転写法(投影露光法)を説明するための図

## 【符号の説明】

110	透明基板
120	ハーフトーン位相シフト層
121	タンタル層
122	金属シリサイド酸化膜(タンタルシリサイド酸化膜)
125	ハーフトーンバタン領域(シフトバタン領域)
40 ト層バタン領域)	遮光性層(実質的な遮光膜とも言う)
130	タンタル層
131	酸化タンタル(反射防止層でT
132	a O xとも記す)
135	遮光性バタン領域
160、165	レジスト層
210	透明基板
220	酸化クロム層(ハーフトーン位相シフト層)

(11)

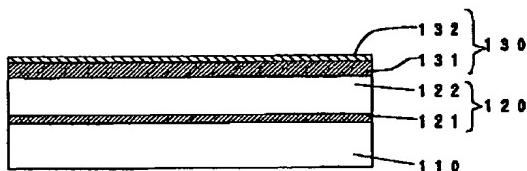
特開2001-312043

19  
 225 ハーフトーンバタン領域（シフ  
ト層バタン領域）  
 230 遮光性層（実質的な遮光膜とも  
言う）  
 231 タンタル層

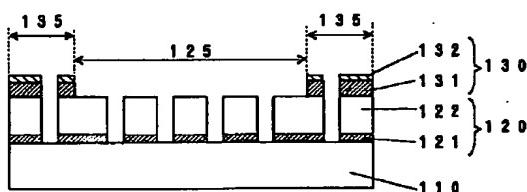
\* 232  
Ta Oxとも記す)  
235  
260、265

20  
酸化タンタル層（反射防止層で  
遮光性層バタン領域  
レジスト層

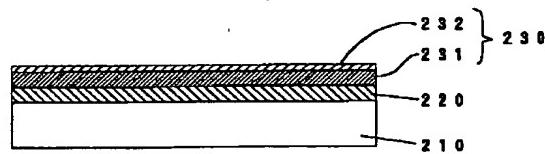
【図1】



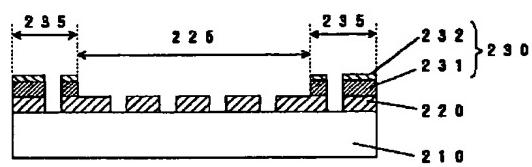
【図3】



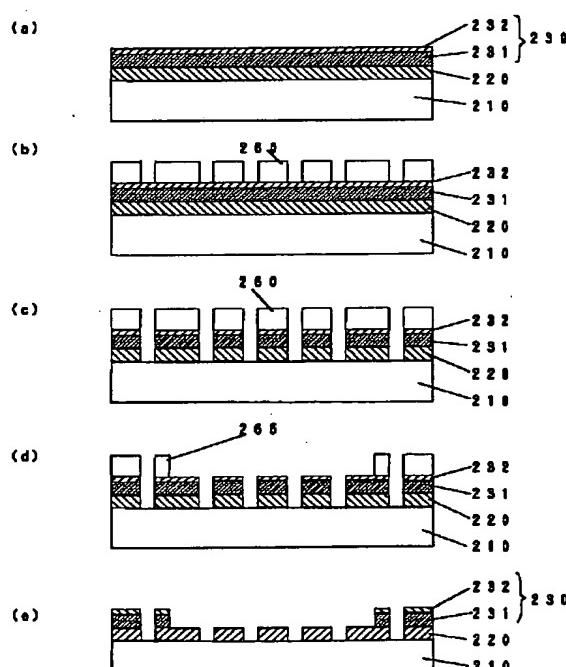
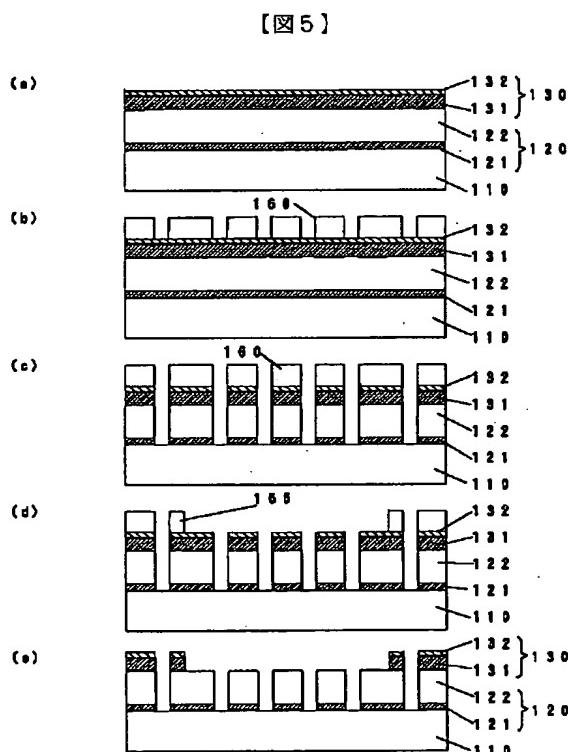
【図2】



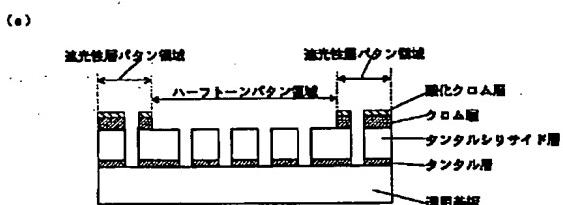
【図4】



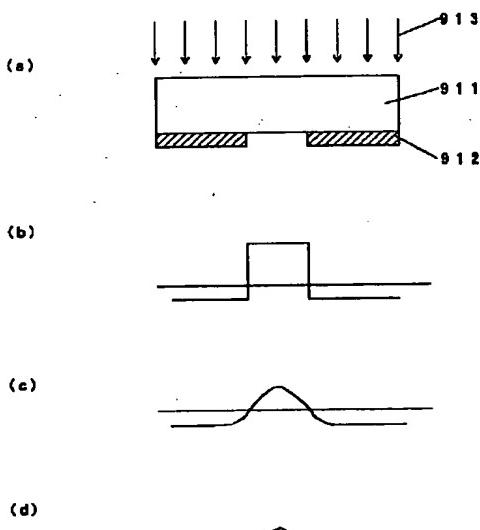
【図6】



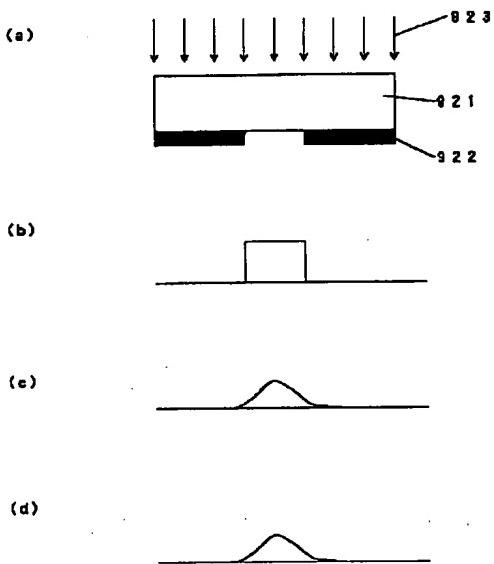
【図7】



【図8】



【図9】



## 【手続補正書】

【提出日】平成12年12月25日(2000.12.25)

## 【手続補正1】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0007

【補正方法】変更

【補正内容】

【0007】ところで、ハーフトーン位相シフトリソグラフィーにおいては、ステッパー やスキャナーによる逐次転写露光の際に、ウエハー上の隣接するショット(1回の露光で転写される範囲)同志が重なる領域が生じるが、従来型のクロムマスクと異なり、残しバターン部も半透明であるので、繰り返し多重露光されることより感光してしまう。さらに、ハーフトーン位相シフトリソ

ラフィーにおいては、ウエハー転写時に、転写する露光パターンの近傍に、光強度のサブピークを生じ、これが本来発生させたい露光パターンを変形してしまう、という問題があった。この問題は、特に大きな抜けパターンの近傍で顕著であり、位相シフトリソグラフィーの手法を用いて十分解像できる大きな抜けパターンにおいては、むしろ従来型のクロムマスクよりも転写特性が劣ってしまう。

## 【手続補正2】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0017

【補正方法】変更

【補正内容】

【0017】はじめに、本発明のハーフトーン位相シフトフォトマスク用プランクスの実施の形態の第1の例を、図1に基づいて説明する。本例は、透明基板110上にハーフトーン位相シフト層120と遮光性層(実質的な遮光膜)130とが順に積層されている、ハーフトーン位相シフトフォトマスク形成用のプランクスで、遮光性層130が、透明基板110側から順に、タンタル層131、酸化タンタル層132を積層した2層膜からなり、ハーフトーン位相シフト層120が、透明基板110側から順に、タンタル層121と金属シリサイド酸化膜122を積層した2層膜からなる。本例においては、遮光性層130と、ハーフトーン位相シフト層120の、いずれもが、フッ素系のガスでドライエッティング\*

エッティングガス

圧力

ICPパワー(高密度プラズマ発生)

バイアスパワー(引き出しパワー)

時間

尚、このエッティング条件ではタンタルシリサイド酸化膜122はエッティングされないので、ハーフトーン位相シフト層120の位相差、透過率に影響を与えないよう、遮光性膜を除去することが可能である。タンタルシリサイド酸化膜122はエッティングストッパー層として働く。最後に、レジスト層165を剥離し、図3に示す※

\*が行なえる材質で構成されており、先に述べた、遮光性膜を有するハーフトーン位相シフトマスクの、従来的一般的な製造方法における、第1段階のエッティングを中断せずに連続して行なうことができる。また、ハーフトーン位相シフト層120の金属シリサイド酸化膜122は、塩素系ガスでドライエッティングが困難で、遮光性層130を塩素系ガスでドライエッティングする際のエッティングストッパー層として利用できる。尚、金属シリサイド酸化膜122としては、タンタルシリサイド酸化膜、モリブデンシリサイド酸化膜等が挙げられるが、タンタルシリサイド膜の方が酸、アルカリなどに対する安定性が優れるため、フォトマスク洗浄の観点から有利である。

## 【手続補正3】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0036

【補正方法】変更

【補正内容】

【0036】次に、この上に、再度、レジストIP3500(東京応化工業株式会社製)を塗布し、フォトリソグラフィー法により、ハーフトーン膜を露出させたい領域のみを開口したレジスト層165を得た後、以下の条件でドライエッティングを行い、レジスト層165から露出した領域の遮光性層130を選択的に除去した。(図5(d))

## C1: ガス

5m Torr

500W

150W

100秒

※遮光性層130付きのハーフトーン位相シフトマスクを得た。このハーフトーン位相シフトフォトマスクは、除去された部分の寸法精度、断面形状、膜厚分布、透過率分布、膜の基板への密着性等全て実用に供することができるものであった。

## フロントページの続き

(72)発明者 角田 成夫

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72)発明者 本永 稔明

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72)発明者 木名瀬 良紀

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72)発明者 中川 博雄

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72)発明者 初田 千秋

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72)発明者 藤川 潤二

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

(72)発明者 大槻 雅司

東京都新宿区市谷加賀町一丁目1番1号

大日本印刷株式会社内

F ターム(参考) 2H095 BA01 BB03 BC05 BC11